

CATALYTIC IGNITION BURNER FOR A GAS TURBINE**Patent number:** EP0832399**Publication date:** 1998-04-01**Inventor:** HUMS ERICH (DE); VORTMEYER NICOLAS (DE)**Applicant:** SIEMENS AG (DE)**Classification:****- international:** *F23C13/00; F23R3/34; F23R3/40; F23C13/00; F23R3/00; F23R3/34; (IPC1-7): F23R3/40; F23R3/34***- european:** F23C11/00C; F23R3/34C; F23R3/40**Application number:** EP19960917334 19960611**Priority number(s):** WO1996DE01019 19960611; DE19951021309 19950612**Also published as:**

WO9641991 (A1)

EP0832399 (B1)

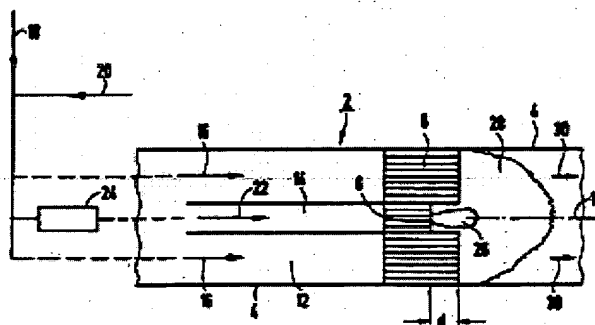
RU2149317 (C1)

[Report a data error here](#)

Abstract not available for EP0832399

Abstract of corresponding document: **WO9641991**

According to the invention a burner, especially for a gas turbine, is designed for the catalytically induced combustion of a fuel, in which the fuel outlet of a catalytic auxiliary burner (6) to stabilise the main burner (8) with the catalytic combustion of a pilot fuel flow is provided in the direction of flow of the fuel in a flow channel, in front of the fuel outlet of the main burner (8). The replacement of a diffusion pilot flame by a catalytic auxiliary burner substantially reduces the nitrogen oxide emission.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 832 399 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
12.01.2000 Patentblatt 2000/02

(51) Int Cl.7: **F23R 3/40, F23R 3/34**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE96/01019

(21) Anmeldenummer: **96917334.3**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 96/41991 (27.12.1996 Gazette 1996/56)

(22) Anmeldetag: **11.06.1996**

(54) KATALYTISCHE ZÜNDBRENNER EINER GASTURBINE

CATALYTIC IGNITION BURNER FOR A GAS TURBINE

BRULEUR D'ALLUMAGE CATALYTIQUE POUR TURBINE A GAZ

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE ES FR GB IT LI SE

• **VORTMEYER, Nicolas**
D-45130 Essen (DE)

(30) Priorität: **12.06.1995 DE 19521309**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 304 707 EP-A- 0 491 481
EP-A- 0 677 707 WO-A-92/20962
US-A- 4 825 658

(73) Patentinhaber: **SIEMENS**
AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no.**
170 (M-315), 7. August 1984 & JP 59 063407 A
(MATSUSHITA DENKI SANGYO KK), 11. April
1984,
• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no.**
135 (M-585), 28. April 1987 & JP 61 276627 A
(TOSHIBA CORP), 6. Dezember 1986,

(72) Erfinder:
• **HUMS, Erich**
D-91093 Hessdorf (DE)

EP 0 832 399 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Brenner, insbesondere für eine Gasturbine, bei dem ein katalytischer Stützbrenner zur Stabilisierung eines Hauptbrenners vorgesehen ist. Derartige Brenner sind beispielsweise in Dokument EP-A-491 481 gezeigt. Als Brennstoff ist insbesondere Erdgas, Kohlegas oder ein sonstiges gasförmiges kohlenwasserstoff- und/oder wasserstoffhaltiges Gemisch vorgesehen. Ebenso eignet sich ein solches Gemisch oder ein fossiler Brennstoff in flüssiger Form.

[0002] Bei der Verbrennung eines genannten Brennstoffs entstehen als besonders unerwünschte Verbrennungsprodukte Stickoxide NO_x . Diese Stickoxide gelten neben Schwefeldioxid als Hauptverursacher für das Umweltproblem des sauren Regens. Man ist daher - auch aufgrund strenger gesetzlicher Grenzwertvorgaben für den NO_x -Ausstoß - gewillt, den NO_x -Ausstoß eines Brenners in einer Gasturbine besonders gering zu halten, ohne dabei die Leistung des Brenners bzw. der Gasturbine wesentlich zu beeinflussen.

[0003] So wirkt beispielsweise die Flammtemperatur-Absenkung im Brenner als stickoxidmindernd. Hierbei wird dem Brennstoff oder ebenfalls zugeführter komprimierter und vorgewärmter Frischluft Wasserdampf zugefügt oder Wasser in den Brennraum eingespritzt. Solche Maßnahmen, die den Stickoxidausstoß des Brenners per se verringern, werden als Primärmaßnahmen zur Stickoxidminderung bezeichnet.

[0004] Dementsprechend werden als Sekundärmaßnahmen alle Maßnahmen bezeichnet, bei denen im Abgas eines Verbrennungsprozesses enthaltene Stickoxide nachträglich verringert werden.

[0005] Hierzu hat sich weltweit das Verfahren der selektiven katalytischen Reduktion (SCR) durchgesetzt, bei dem die Stickoxide zusammen mit einem Reduktionsmittel, meist Ammoniak, an einen Katalysator kontaktiert werden und dabei Stickstoff und Wasser bilden. Mit dem Einsatz dieser Technologie ist daher zwangsläufig der Verbrauch von Reduktionsmittel verbunden. Die im Abgaskanal angeordneten Katalysatoren zur Stickoxidminderung verursachen naturgemäß einen Druckabfall in dem Abgaskanal. Ein solcher Druckabfall führt jedoch bei einem Einsatz des Brenners in einer Gasturbine zu einem beträchtlichen Leistungsabfall der Turbine. Selbst ein Leistungsabfall in Höhe von einigen Promille wirkt sich bei einer Leistung der Gasturbine von beispielsweise 150 MW und einem Stromverkaufspreis von etwa 0,15 DM/kWh Strom gravierend auf das mit einer solchen Einrichtung erzielbare Ergebnis aus.

[0006] Neuere Überlegungen bezüglich der Ausgestaltung des Brenners gehen dahin, daß ein üblicherweise in einer Gasturbine eingesetzter Diffusionsbrenner oder drallstabilisierter Vormischbrenner durch eine katalytische Brennkammer ersetzt wird. Mit einer katalytischen Brennkammer werden niedrigere Stickoxid-Emissionen erreicht als dies mit den obengenannten

Brennertypen möglich ist. Auf diese Weise können die bekannten Nachteile des SCR-Verfahrens (große Katalysatorvolumina, Reduktionsmittel-Verbrauch, hoher Druckverlust) überwunden werden.

[0007] Üblicherweise ist es zur Stabilisierung eines Brenners (Diffusionsbrenner, drallstabilisierter Vormischbrenner, katalytischer Brenner) vorgesehen, eine Pilotflamme zu verwenden. Diese Pilotflamme wird verwendet, um einen definierten Startpunkt für die Verbrennung des eigentlichen Brenngas-Hauptstroms zu setzen. Ein Brenner zur Erzeugung einer solchen Pilotflamme ist üblicherweise ein Diffusionsbrenner, der eine nicht unerhebliche Stickoxidquelle darstellt. Angesichts der durch die Stickoxide verursachten Umweltprobleme und aufgrund strenger gesetzlicher Auflagen für den Stickoxidausstoß strebt man daher an, jede auch noch so kleine Stickoxidquelle zu vermeiden oder zumindest deren Stickoxidausstoß zu verringern.

[0008] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Brenner, insbesondere für eine Gasturbine anzugeben, bei der die Einrichtung zur Erzeugung einer Pilotflamme besonders stickoxidarm arbeitet.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß ein Brenner zur Verbrennung eines Brennstoffes vorgesehen ist, bei dem in Strömungsrichtung des Brennstoffes in einem Strömungskanal vor dem Brennstoffauslaß eines Hauptbrenners der Brennstoffauslaß eines katalytischen Stützbrenners zur Stabilisierung des Hauptbrenners unter katalytischer Verbrennung eines Pilotbrennstoffstroms vorgesehen ist und daß bezogen auf den Querschnitt des Strömungskanals für den Brennstoff der katalytische Stützbrenner zentral und der Hauptbrenner koronal angeordnet sind. Dies ist insbesondere für eine homogene Verteilung der Pilotflamme nach radialer Richtung vorteilhaft, so daß auch die Verbrennung des Brennstoff-Hauptstromes auf einer einheitlichen Front erfolgen kann.)

[0010] Der Brenner nutzt dabei eine katalytische Verbrennung des Pilotbrennstoffstroms zur Stabilisierung oder Stützung des Hauptbrenners aus.

[0011] Auf diese Weise wird die zur Stabilisierung des oder der Hauptbrenner erforderliche Pilotflamme durch eine besonders stickoxidarme katalytische Verbrennung erzeugt.

[0012] Für die Ausbildung der Pilotflamme ist es besonders bevorzugt, daß der Pilotbrennstoffstrom über eine Präformierungsstufe zum katalytischen Stützbrenner geführt wird. Auf diese Weise wird eine Absenkung der katalytischen Zündtemperatur des Pilotbrennstoffstromes erreicht, weil in der Präformierungsstufe der Brennstoff in leicht zündende Verbindungen zersetzt wird. Im Fall von Erdgas werden in der Präformierungsstufe beispielsweise Alkohole wie Methanol, Aldehyde und Wasserstoff gebildet.

[0013] Hierbei kann es weiter vorgesehen sein, daß eine Vermischung des Pilotbrennstoffstroms mit Umgebungs- und/oder Verdichterluft erfolgt. Auf diese Weise kann über die Einstellung der Volumenverhältnisse von

Brennstoff/präformiertem Brennstoff zu Umgebungs- und/oder Verdichterluft der NO_x -Ausstoß des Pilotbrenners weiter vermindert werden.

[0014] Zur Stabilisierung der Hauptflamme im Hauptbrenner und zur sicheren Vermeidung des Rückzündens der Hauptflamme ist es besonders bevorzugt, daß der Brennstoffauslaß des katalytischen Stützbrenners zwischen 0,5 und 5 m vor dem Brennstoffauslaß des Hauptbrenners angeordnet ist, wobei dieser Abstand vorzugsweise etwa 0,75 bis 2 m betragen kann.

[0015] In weiterer bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung kann es vorgesehen sein, daß der Hauptbrenner als katalytischer Hauptbrenner ausgeführt ist. Ein solcher Brenner zeichnet sich ebenso wie der katalytische Stützbrenner durch vergleichsweise niedrige Stickoxid-Emissionen aus.

[0016] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand einer Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

FIG 1 und FIG 3 in schematischer Darstellung jeweils einen Längsschnitt durch den Brenner Teil einer Gasturbine; und

FIG 2 und FIG 4 jeweils eine Aufsicht auf einen Querschnitt durch den Strömungskanal im Brenner Teil gemäß Figur 1 bzw. Figur 3.

[0017] In den Figuren haben gleiche Teile gleiche Bezugszeichen. Das Ausführungsbeispiel gemäß Figuren 1 und 2 stimmt bis auf ein Merkmal überein mit dem Ausführungsbeispiel gemäß Figuren 3 und 4. Die nun folgenden Erläuterungen gelten daher sinngemäß für Figur 3 und Figur 4.

[0018] Figur 1 zeigt in schematischer Darstellung den Brenner Teil 2 einer hier nicht weiter dargestellten Gasturbine. Der Brenner Teil 2 umfaßt im Ausführungsbeispiel einen Strömungskanal 4, in den ein katalytischer Stützbrenner 6 und ein katalytischer Hauptbrenner 8 eingebaut sind. Der katalytische Stützbrenner 6 und der katalytische Hauptbrenner 8 sind rotationssymmetrisch zur Symmetrieachse 10 des Strömungskanals 4 angeordnet.

[0019] Durch die Anordnung des katalytischen Stützbrenners 6 zentral im Strömungskanal 4 entstehen ein äußerer Ringraum 12 und ein innerer Zentralraum 14. Im Ringraum 12 strömt ein mittels des Verdichterteils der hier nicht weiter dargestellten Gasturbine verdichtetes Brennstoffgemisch 16, bestehend aus Brenngas, hier Erdgas 18, und Luft 20. Ein in den Ringraum 12 einströmender Pilotbrennstoffstrom 22 besteht ursprünglich aus demselben Erdgas/Luft-Gasgemisch 18, 20, welches jedoch in einer Präformierungsstufe 24 präformiert wird. Der in den Stützbrenner 6 einströmende präformierte Pilotbrennstoffstrom 22 kann auch als leicht zündender Pilotbrennstoffstrom bezeichnet werden. Die Präformierung des Erdgas/Luftgemisches 18,

20 erfolgt an einem edelmetallhaltigen Katalysator, welcher beispielsweise Wabenform hat, als Hauptbestandteil Titandioxid und als katalytisch aktiven Komponenten Platin und Rhodium umfaßt. Der Katalysator ist in hier nicht weiter dargestellter Weise in der Präformierungsstufe 24 eingebaut. Optional kann dem Katalysator in der Präformierungsstufe 24 auch noch ein Wärmetauscher vorgeschaltet sein, um das in die Präformierungsstufe eintretende Erdgas/Luftgemisch 18, 20 aufzuwärmen und so die Wirksamkeit des Katalysators in der Präformierungsstufe 24 anzuheben. Bei der Präformierung bilden sich aus dem Erdgas 18 katalytisch vergleichsweise leicht zündende Stoffe, wie Methanol, Aldehyd und Wasserstoff.

[0020] Im Ausführungsbeispiel ist der Brennstoffauslaß des katalytischen Stützbrenners 6 in Strömungsrichtung des Brenngases 16 in einem Abstand d von etwa 1 m vor dem Brennstoffauslaß des katalytischen Hauptbrenners 8 angeordnet. Der katalytische Stützbrenner 6 umfaßt im Ausführungsbeispiel einen Wabenkatalysator, der als Grundbestandteil mindestens eine der Substanzen Titandioxid, Siliziumdioxid und Zirkonoxid aufweist. Als katalytisch aktive Komponente sind grundsätzlich alle Edelmetalle und Metalloxide geeignet, welche eine stark oxidierende Wirkung auf die genannten Brennstoffe haben. Es sind dies beispielsweise Edelmetalle, wie Platin, Rhodium, Rhenium, Iridium, und Metalloxide, wie z. B. die Übergangsmetalloxide Vanadiumoxid, Wolframoxid, Molybdänoxid, Chromoxid, Kupferoxid, Manganoxid und Oxide der Lanthanoiden, wie z.B. Ceroxid. Ebenso können auch Metall-Ionen getauschte Zeolithe und Metalloxide vom Spinell-Typ verwendet sein.

[0021] Der in den katalytischen Stützbrenner 6 eintretende Pilotbrennstoffstrom 22 wird aufgrund der katalytisch aktiven Substanzen oxidiert und verbrennt mit einer Pilotflamme 26. Weil der Brennstoffauslaß des Stützbrenners 6 in Strömungsrichtung des Brenngases 16 den Abstand d vor dem Brennstoffauslaß des Hauptbrenners 8 angeordnet ist, ist es sicher gewährleistet, daß die Hauptflamme 28 nicht in den katalytischen Hauptbrenner 8 oder sogar in die Bereiche vor den katalytischen Brennern 6, 8 zurückschlagen kann. Der Abstand d beträgt im gewählten Ausführungsbeispiel etwa 1 m.

[0022] Das Katalysatormaterial im Hauptbrenner 8 unterscheidet sich nicht von dem Katalysatormaterial des Stützbrenners 6. Als katalytisch besonders aktive Substanz in bezug auf die Oxidation der im Brennstoff 16 enthaltenen Kohlenwasserstoffe sind jeweils 1 Gew.-% Platin und Rhodium sowie 2 Gew.-% Vanadiumoxid, Chromoxid und Wolframoxid vorgesehen.

[0023] Das aus dem Brenner Teil 2 austretende Brennerabgas weist einen besonders niedrigen Stickoxidgehalt auf, weil zum einen der Brennstoff 16 im Hauptbrenner 8 katalytisch verbrannt wird, und weil die Pilotflamme 26 ebenfalls durch katalytische Verbrennung des Pilotbrennstoffstroms 22 im Stützbrenner 6 erzeugt wird.

In Variation zu dem katalytischen Hauptbrenner 8 können als Hauptbrenner auch aus dem Stand der Technik bekannte Diffusionsbrenner oder drallstabilisierte Vormischbrenner verwendet sein.

[0024] Die Figur 2 zeigt eine Aufsicht auf den Strömungskanal 4, in dem man in schematischer Darstellung die Anordnung des Hauptbrenners 8 als katalytisch aktiver Wabenkatalysator erkennt. Solche Wabenkatalysatoren haben üblicherweise eine Zellenzahl von 0,62 bis 15,5 Zellen pro cm² (4 bis 100 Zellen pro inch²) und weisen eine Wandstärke der Stege von 0,5 bis 5 mm auf. Alternativ zu den im Ausführungsbeispiel eingesetzten Wabenkatalysatoren ist es auch möglich metallische Plattenkatalysatoren oder grundsätzlich Plattenkatalysatoren einzusetzen. Der in der Aufsicht gemäß Figur 2 zentral angeordnete katalytische Stützbrenner 6 ist bezüglich seiner Geometrie der Kanäle meist mit der Geometrie des katalytischen Hauptbrenners 8 identisch.

[0025] Die Figuren 3 und 4 zeigen ein Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem der aus Figur 1 und Figur 2 erkennbare katalytische Hauptbrenner 8 ersetzt ist durch einen nicht-katalytischen Hauptbrenner, welcher als wichtige Unterscheidungsmerkmale Leitschaukeln 31 aufweist. Diese Leitschaukeln 32 prägen dem durchfließenden Brennstoff-Luft-Gemisch einen Drall auf, welcher die in diesem Gemisch einsetzende Verbrennung stabilisiert. Der nicht-katalytische Hauptbrenner ist gekennzeichnet durch einen besonders niedrigen betrieblichen Druckverlust und durch eine besondere Einfachheit des Aufbaus, was diesen Hauptbrenner zum Einsatz in einer Gasturbine besonders empfiehlt. Dadurch, daß der Hauptbrenner eine Vormischverbrennung bewirkt, ist jedenfalls ein vergleichsweise geringer NO_x-Ausstoß gewährleistet. Da der Pilotbrenner 6 auch im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3 und Figur 4 als katalytischer Stützbrenner 6 ausgebildet ist, stellt er jedenfalls keine wesentliche Quelle für Stickoxide dar; dementsprechend ist auch der Brenner gemäß Figur 3 und Figur 4 als Brenner mit besonders geringem NO_x-Ausstoß qualifiziert.

Patentansprüche

1. Brenner zur Verbrennung eines Brennstoffes (16), bei dem in Strömungsrichtung des Brennstoffes (16) in einem Strömungskanal (4) vor dem Brennstoffauslaß eines Hauptbrenners (8) der Brennstoffauslaß eines katalytischen Stützbrenners (6) zur Stabilisierung des Hauptbrenners (8) unter katalytischer Verbrennung eines Pilotbrennstoffstroms (22) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß bezogen auf den Querschnitt des Strömungskanals (4) für den Brennstoff (16) der katalytische Stützbrenner (6) zentral und der Hauptbrenner (8) koronal angeordnet sind.
2. Brenner nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Pilotbrennstoffstrom (22) über eine Präformierungsstufe (24) zum katalytischen Stützbrenner (6) geführt ist.
3. Brenner nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Vormischung des Pilotbrennstoffstroms (22) mit Umgebungs- und/oder Verdichterluft (20) vorgesehen ist.
4. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Brennstoffauslaß des katalytischen Stützbrenners (6) zwischen 0,5 und 5 m vor dem Brennstoffauslaß des Hauptbrenners (8) angeordnet ist.
5. Brenner nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Brennstoffauslaß des katalytischen Stützbrenners (6) etwa 0,75 bis 2 m vor dem Brennstoffauslaß des Hauptbrenners (8) angeordnet ist.
6. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **gekennzeichnet durch** einen katalytischen Hauptbrenner (8).
7. Gasturbine umfassend einen Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 6.

Claims

1. Burner for the combustion of a fuel (16), in which the fuel outlet of a catalytic supporting burner (6) is provided in a flow duct (4), upstream of the fuel outlet of a main burner (8) in the direction of flow of the fuel (16), for the purpose of stabilizing the main burner (8), along with catalytic combustion of a pilot fuel stream (22), characterized in that the catalytic supporting burner (6) is arranged centrally and the main burner (8) is arranged coronally in relation to the cross-section of the flow duct (4) for the fuel (16).
2. Burner according to Claim 1, characterized in that the pilot fuel stream (22) is guided to the catalytic supporting burner (6) via a preforming stage (24).
3. Burner according to Claim 2, characterized in that a premixing of the pilot fuel stream (22) with ambient and/or compressor air (20) is provided.
4. Burner according to one of Claims 1 to 3, characterized in that the fuel outlet of the catalytic supporting burner (6) is arranged between 0.5 and 5 m upstream of the fuel outlet of the main burner (8).
5. Burner according to Claim 4, characterized in that

the fuel outlet of the catalytic supporting burner (6) is arranged about 0.75 to 2 m upstream of the fuel outlet of the main burner (8).

6. Burner according to one of Claims 1 to 5, characterized by a catalytic main burner (8). 5
7. Gas turbine, comprising a burner according to one of Claims 1 to 6. 10

Revendications

1. Brûleur de combustion d'un combustible (16), dans lequel il est prévu, en amont dans la direction d'écoulement du combustible (16) dans un canal (4) d'écoulement, de la sortie du combustible d'un brûleur (8) principal la sortie du combustible d'un brûleur (6) d'appui catalytique destiné à la stabilisation du brûleur (8) principal avec combustion catalytique d'un courant (22) de combustible pilote, caractérisé en ce que, rapporté à la section transversale du canal (4) d'écoulement du combustible (16), le brûleur (6) d'appui catalytique est disposé au centre et le brûleur (8) principal est disposé en couronne. 15 20 25
2. Brûleur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le courant (22) de combustible pilote est envoyé au brûleur (6) d'appui catalytique en passant par un stade (24) de préformage. 30
3. Brûleur suivant la revendication 2, caractérisé en ce qu'il est prévu un prémélange du courant (22) de combustible pilote à de l'air (20) ambiant et/ou à de l'air de compresseur. 35
4. Brûleur suivant l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la sortie du combustible du brûleur (6) d'appui catalytique est disposé entre 0,5 et 5 mètres en amont de la sortie du combustible du brûleur (8) principal. 40
5. Brûleur suivant la revendication 4, caractérisé en ce que la sortie du combustible du brûleur (6) d'appui catalytique est disposé de 0,75 à 2 mètres environ en amont de la sortie du combustible du brûleur (8) principal. 45
6. Brûleur suivant l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par un brûleur (8) principal catalytique. 50
7. Turbine à gaz comprenant un brûleur suivant l'une des revendications 1 à 6. 55

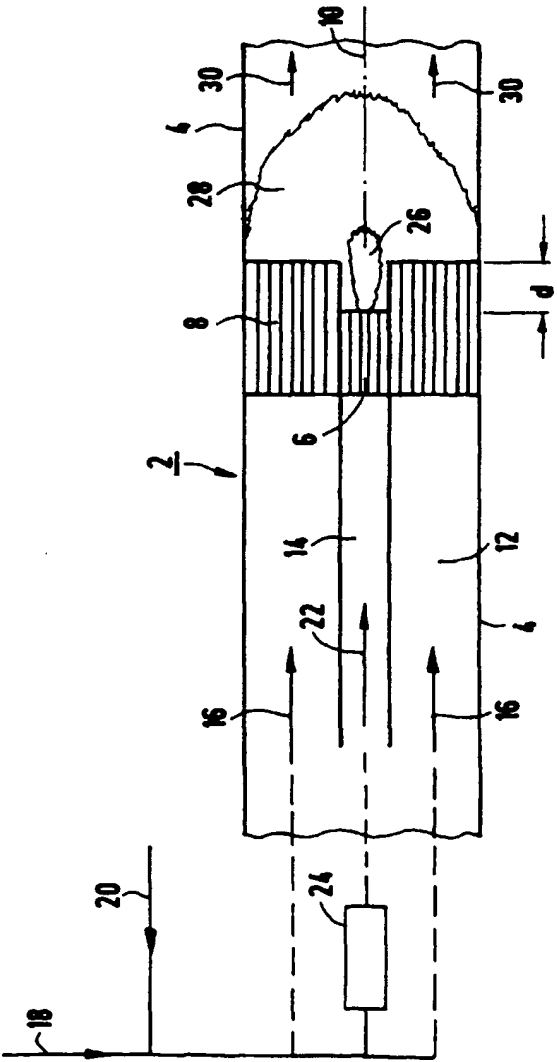


FIG 1

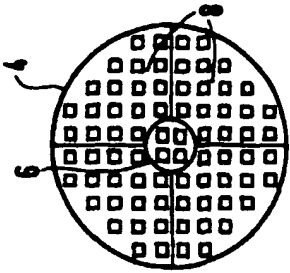


FIG 2

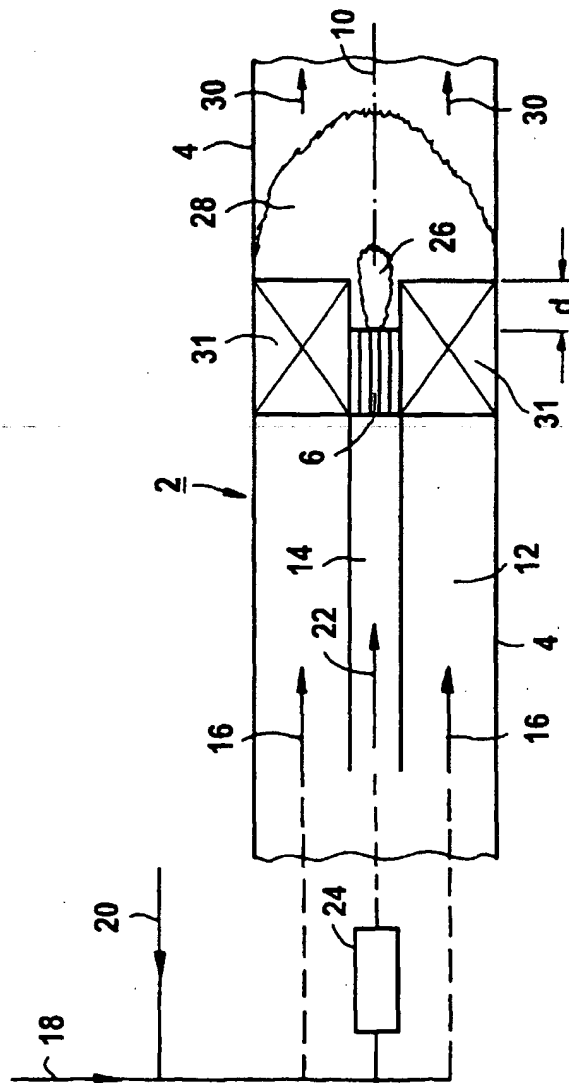


FIG 3

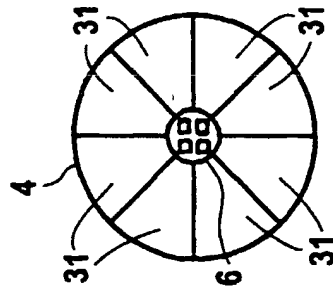


FIG 4

THIS PAGE BLANK (USPTO)